



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 004 781 A1** 2005.08.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 004 781.2**

(22) Anmeldetag: **30.01.2004**

(43) Offenlegungstag: **18.08.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H01S 5/40**

**H01S 5/20, H01L 33/00, H01L 27/15**

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049  
Regensburg, DE**

(72) Erfinder:

**Albrecht, Tony, 93077 Bad Abbach, DE;  
Philippens, Marc, Dr., 93049 Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,  
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**US 59 95 529 A**

**US 57 08 280 A**

**US 56 96 389 A**

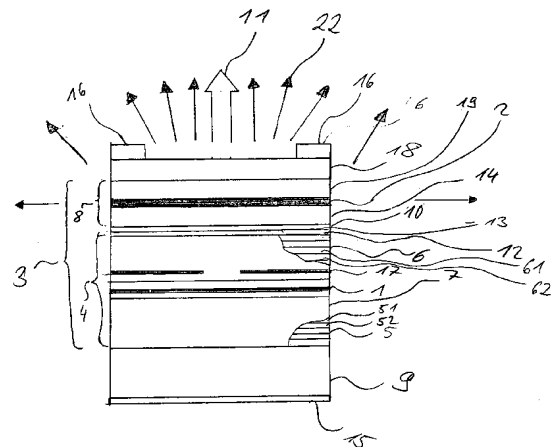
**US 52 12 707 A**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein strahlungsemit-  
tendes Halbleiterbauelement, umfassend einen Halbleiterkör-  
per (3) mit einer ersten aktiven Zone (1) und einer über der  
ersten aktiven Zone angeordneten zweiten aktiven Zone  
(2), wobei die erste aktive Zone für die Erzeugung einer  
Strahlung einer ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  (11) und die zweite  
aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer zwei-  
ten Wellenlänge  $\lambda_2$  (22) vorgesehen ist, angegeben, wobei  
die Strahlung der ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  kohärent und die  
der zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  inkohärent ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**Stand der Technik**

**[0002]** Derartige strahlungsemitterende Halbleiterbauelemente können beispielsweise wie in der DE 100 576 98, als zwei oder mehr übereinander angeordnete kantenemittierende Laser ausgeführt werden, wobei die jeweiligen aktiven Zonen im Betrieb kohärente Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_1$  beziehungsweise  $\lambda_2$  emittieren. Da die Strahlungsleistung kohärenter Strahlung einer bestimmten Wellenlänge im wesentlichen nur entlang einer Hauptabstrahlrichtung abgestrahlt wird, kann ein Beobachter, der das strahlungsemitterende Halbleiterbauelement aus einer von der jeweiligen Hauptabstrahlrichtung der Strahlungen der Wellenlänge  $\lambda_1$  beziehungsweise  $\lambda_2$  abweichenden Richtung beobachtet oftmals nicht oder nur schwer entscheiden, ob das Halbleiterbauelement zum Beobachtungszeitpunkt Strahlung emittiert oder nicht. Insbesondere gilt dies, falls eine der Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  im nicht sichtbaren Spektralbereich liegt.

**[0003]** Weiterhin ist aus der EP 0 486 052 eine Mehrzahl von übereinander angeordneten aktiven Zonen, die in LED-Strukturen angeordnet sind, bekannt, welche inkohärente Strahlung emittieren. Für Anwendungen, die hohe Intensitäten wie sie mittels Lasern erzeugt werden können erfordern ist ein derartiges Halbleiterbauelement allerdings nicht oder nur unzureichend geeignet. Die inkohärente Strahlung, die von den LED-Chips erzeugt wird, kann allerdings in einem relativ großen Raumwinkelbereich, der die Hauptabstrahlrichtung umfasst, von einem Beobachter erfasst werden. Dieser Raumwinkelbereich kann beispielsweise einen Winkel von 60° oder mehr mit der Hauptabstrahlrichtung des Halbleiterbauelements einschließen.

**Aufgabenstellung**

**[0004]** Eine Aufgabe der folgenden Erfindung ist es daher, ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement der oben genannten Art anzugeben, das im Betrieb kohärente Strahlung emittiert und dessen Betriebszustand aus einer von der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung abweichenden Beobachtungsrichtung ohne besonderen Aufwand erfasst werden kann.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des vorliegenden Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0006]** Ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Halbleiterkörper mit einer ersten aktiven Zone und einer der ersten aktiven Zone in vertikaler Richtung nachgeordneten zweiten aktiven Zone, wobei die erste aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  vorgesehen ist, die zweite aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  vorgesehen ist und die Strahlung der ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  kohärent sowie die Strahlung der zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  inkohärent ist.

ment gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Halbleiterkörper mit einer ersten aktiven Zone und einer der ersten aktiven Zone in vertikaler Richtung nachgeordneten zweiten aktiven Zone, wobei die erste aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  vorgesehen ist, die zweite aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  vorgesehen ist und die Strahlung der ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  kohärent sowie die Strahlung der zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  inkohärent ist.

**[0007]** Es sei angemerkt, dass im Rahmen der Erfindung als kohärente Strahlung im Zweifel Laserstrahlung und als inkohärente Strahlung von einer Laserstrahlung verschiedene mit Halbleitern erzeugbare Strahlung anzusehen ist.

**[0008]** Dies hat den Vorteil, dass die inkohärente Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_2$  verglichen mit der kohärenten Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_1$  gewöhnlich in einem größeren Raumwinkelbereich und abseits der Hauptstrahlrichtung vereinfacht beobachtbar ist. Ist die inkohärente Strahlung bezüglich ihres Betriebszustandes – das Halbleiterbauelement emittiert inkohärente Strahlung oder nicht – an den Betriebszustand der kohärenten Strahlung gekoppelt beziehungsweise ankoppelbar, kann die inkohärente Strahlung als Anzeige des Betriebszustandes der kohärenten Strahlung benutzt werden. Eine direkte Beobachtung der kohärenten Strahlung in Hauptabstrahlrichtung, die beispielsweise aufgrund hoher Intensitäten auf einen menschlichen Beobachter oder im Strahlengang angeordnete Messgeräte schädliche Auswirkungen haben kann, kann dadurch vorteilhaft vermieden werden. Weiterhin kann eine störende Gegenwart eines Beobachters oder eines Messgeräts im Strahlengang vermieden werden.

**[0009]** Der Betriebszustand der inkohärenten und der kohärenten Strahlung bezieht sich im Rahmen der Erfindung auf den entsprechenden Betriebszustand des Halbleiterbauelements, das im jeweiligen Betriebszustand kohärente und/oder inkohärente Strahlung emittieren kann. Die Betriebszustände der kohärenten und der inkohärenten Strahlung können hierbei voneinander unabhängig sein.

**[0010]** Die erste aktive Zone und die zweite aktive Zone sind bevorzugt im Halbleiterkörper monolithisch integriert ausgebildet, der somit in einem durchgehenden Verfahren, wie etwa einem durchgehenden Epitaxieprozess, vorzugsweise auf einem gemeinsamen Aufwachssubstrat, herstellbar ist. Dies hat den Vorteil, dass die Herstellung derartiger Bauelemente vereinfacht erfolgen kann. Die zweite aktive Zone kann in einem Verfahrensschritt mit der ersten aktiven Zone hergestellt werden, wodurch aufwendige nachfolgende Montageschritte zum Anordnen der zweiten aktiven Zone auf der ersten vermieden werden.

den können. Die zweite aktive Zone muss bei der Erfindung nicht nachträglich über der ersten angeordnet werden, da dies schon während der Herstellung des Halbleiterkörpers geschehen kann.

**[0011]** In einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die erste aktive Zone in einer Halbleiterstruktur ausgebildet, die einen optischen Resonator zur Erzeugung der kohärenten Strahlung umfasst. Eine derartige Halbleiterstruktur kann beispielsweise entsprechend einem kantenemittierenden Laser oder einem Halbleiterbauelement mit vertikaler Emissionsrichtung, wie etwa einem VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) oder einem VECSEL (Vertical External Cavity Surface Emitting Laser) ausgebildet sein. Die genannten Bauelemente können über induzierte Emission kohärente Strahlung erzeugen, die eine hohe Intensität aufweisen kann.

**[0012]** Die zweite aktive Zone ist bevorzugt in einer LED-Struktur zur Erzeugung inkohärenter Strahlung aus spontaner Emission ausgebildet, die auf bekannte Weise einfach herstellbar ist. Die Produktionskosten für ein Halbleiterbauelement mit einer LED-Struktur und einer Halbleiterstruktur der oben genannten Art können so vorteilhaft gering gehalten werden, wie etwa durch monolithische Integration der LED-Struktur in den Halbleiterkörper, wobei die LED-Struktur auf der Halbleiterstruktur epitaktisch aufgewachsen wird.

**[0013]** Die Halbleiterstruktur enthält weiterhin bevorzugt mindestens ein III-V-Halbleitermaterial, umfassend  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ ,  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$  oder  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ , jeweils mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  und  $x + y \leq 1$ . Auch die LED-Struktur kann eines dieser Materialien enthalten.

**[0014]** In einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die zweite aktive Zone derart über der ersten aktiven Zone angeordnet, dass die zweite aktive Zone im Strahlengang der Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_1$  angeordnet ist. Um eine nachteilige Absorption der Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_1$  in der zweiten aktiven Zone zu vermeiden, ist  $\lambda_1$  besonders bevorzugt größer als  $\lambda_2$ , was durch geeignete Ausbildung der jeweiligen aktiven Zonen erreicht werden kann.

**[0015]** Die Wellenlänge  $\lambda_2$  liegt bevorzugt im sichtbaren Spektralbereich. Dies kann beispielsweise zur Visualisierung des Betriebszustandes der kohärenten Strahlung von Vorteil sein. Weiterhin kann die sichtbare inkohärente Strahlung zur Vorjustierung des Strahlengangs beziehungsweise der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung dienen. Die Vorjustierung der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung kann insbesondere dann erleichtert werden, wenn die Wellenlänge  $\lambda_1$  im nicht sichtbaren

Spektralbereich liegt. Die Visualisierung und/oder die Vorjustierung der kohärenten Strahlung kann so mit Vorteil über die inkohärente Strahlung und das menschliche Auge erfolgen, so dass zur Vorjustierung auf aufwendige Apparaturen zur Strahlungsdetektion verzichtet werden kann.

**[0016]** Hierzu ist die zweite aktive Zone bevorzugt im Strahlengang der kohärenten Strahlung angeordnet, besonders bevorzugt weist die inkohärente Strahlung in einem Raumwinkelbereich, der die Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung umfasst, eine vergleichsweise hohe oder eine maximale Intensität auf, wodurch eine Vorjustierung der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung weitergehend erleichtert werden kann. Mit Vorteil können diesbezüglich die beiden aktiven Zonen bereits während der Herstellung des strahlungsemitierenden Halbleiterbauelements geeignet ausgebildet werden. Der die erste aktive Zone und die zweite aktive Zone umfassende Halbleiterkörper wird dabei bevorzugt monolithisch integriert hergestellt, wobei die zweite aktive Zone bevorzugt auf der ersten aktiven Zone epitaktisch aufgewachsen wird. Während der Herstellung kann auch die Abstrahlcharakteristik der in zweiten aktiven Zone erzeugbaren Strahlung dahingehend beeinflusst werden, dass diese inkohärente Strahlung im Bereich der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung eine hohe, vorzugsweise maximale, Intensität aufweist.

**[0017]** In einer dritten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die erste aktive Zone und die zweite aktive Zone gemeinsam elektrisch ansteuerbar ausgebildet, so dass die Erzeugung der kohärenten Strahlung an die der inkohärenten Strahlung gekoppelt ist. Dies hat den Vorteil, dass der Betriebszustand der kohärenten Strahlung durch den der inkohärenten Strahlung eindeutig bestimmt werden kann beziehungsweise die Betriebszustände miteinander übereinstimmen.

**[0018]** Diese Kopplung kann beispielsweise durch eine Verbindungsschicht erreicht werden, die die erste aktive Zone elektrisch leitend mit der zweiten aktiven Zone verbindet, so dass die beiden aktiven Zonen des Bauelements in Serie geschaltet angeschlossen werden können. Die Verbindungsschicht umfasst bevorzugt einen Tunnelübergang, der besonders bevorzugt während der Herstellung des Halbleiterbauelements monolithisch in den Halbleiterkörper integriert wird. Ein derartiger Tunnelübergang ist vorzugsweise zwischen der ersten und der zweiten aktiven Zone angeordnet und/oder enthält mindestens eine Schicht, die eine höhere Ladungsträgerkonzentration, beispielsweise durch hohe Dotierung, aufweist, als eine angrenzende Schicht des gleichen Leitungstyps (p-leitend oder n-leitend). Weiterhin weist das Halbleiterbauelement bevorzugt gemeinsame elektrische Anschlüsse für die beiden ak-

tiven Zonen auf, mittels derer die aktiven Zonen gemeinsam angesteuert werden. Tunnelübergänge sind in der DE 100 576 98 beschrieben, deren gesamter Offenbarungsgehalt hiermit explizit in die vorliegende Beschreibung aufgenommen wird.

**[0019]** In einer vierten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die erste aktive Zone und die zweite aktive Zone getrennt voneinander elektrisch ansteuerbar ausgebildet, so dass die Betriebszustände der kohärenten Strahlung und der inkohärenten Strahlung voneinander entkoppelt sein können. Das Halbleiterbauelement kann somit Strahlung mit den Wellenlängen  $\lambda_1$  und/oder  $\lambda_2$  emittieren. Dies ist von Vorteil, falls beispielsweise die inkohärente Strahlung während des Betriebs des strahlungsemitierenden Halbleiterbauelements abgeschaltet werden soll, etwa um nachteilige Einflüsse dieser Strahlung auf Messungen zu vermeiden. Weiterhin kann ein derartiges Halbleiterbauelement auch derart angesteuert werden, dass nur inkohärente Strahlung emittiert wird, zu der die kohärente Strahlung zugeschaltet werden kann.

**[0020]** Dies kann beispielsweise durch eine Verbindungsschicht erreicht werden, die bevorzugt zwischen den beiden aktiven Zonen angeordnet ist und/oder die erste aktive Zone im wesentlichen elektrisch von der zweiten aktiven Zone isoliert. Bevorzugt ist hierzu in der Verbindungsschicht ein Barrierenübergang ausgebildet, der im Betrieb des Bauelements Stromfluss durch die Barriere zumindest stark verringert, wie beispielsweise ein sperrender pn-Übergang. Der Barriereübergang wird besonders bevorzugt während der Herstellung des Halbleiterbauelements monolithisch in den Halbleiterkörper integriert. Mit Vorteil wird der Barriereübergang bereits bei der Herstellung des Halbleiterkörpers ausgebildet und es müssen keine zusätzlichen Schichten zur Ausbildung des Barriereübergangs im Halbleiterkörper hergestellt werden.

**[0021]** Weiterhin weist das Halbleiterbauelement bei dieser Ausgestaltung bevorzugt separate elektrische Anschlüsse für die beiden aktiven Zonen auf, um deren getrennte Ansteuerung zu ermöglichen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0022]** Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus den Beschreibungen der folgenden Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den folgenden Figuren.

**[0023]** Es zeigen

**[0024]** Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen strahlungsemitierenden Halbleiterbauelements.

**[0025]** Fig. 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen strahlungsemitierenden Halbleiterbauelements.

**[0026]** Gleichartige und gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0027]** In der Fig. 1 ist eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen strahlungsemitierenden Halbleiterbauelements dargestellt.

**[0028]** Ein Halbleiterkörper **3** umfasst eine erste aktive Zone **1** und eine zweite aktive Zone **2**, wobei die erste aktive Zone kohärente Strahlung **11** einer Wellenlänge  $\lambda_1$  und die zweite aktive Zone inkohärente Strahlung **22** einer Wellenlänge  $\lambda_2$  erzeugt. Die erste aktive Zone **1** ist in diesem Ausführungsbeispiel in einer Laserstruktur **4** ausgebildet, die einem VCSEL entspricht. Ein erster, vorzugsweise n-leitender, Spiegel **5** und ein zweiter, vorzugsweise p-leitender, Spiegel **6**, die beispielsweise jeweils als Braggspiegel ausgebildet sind und eine Mehrzahl von schematisch dargestellten Halbleiterschichtenpaaren **51**, **52** beziehungsweise **61**, **62** unterschiedlicher Brechungsindizes aufweisen, bilden einen optischen Resonator **7** für die in der ersten aktiven Zone erzeugte Strahlung **11**. Die Reflektivität des ersten Spiegels **5** ist bevorzugt größer als die des zweiten Spiegels **6**, der als Auskoppelspiegel der Strahlung **11** aus der Laserstruktur **4** dient. Für VCSEL typische Reflektivitäten der Resonatorspiegel können bei über 98% liegen.

**[0029]** Die zweite aktive Zone **2** ist in einer LED-Struktur **8** angeordnet. Die Wellenlänge  $\lambda_1$  ist bevorzugt größer als die Wellenlänge  $\lambda_2$ , um eine nachteilige Absorption der Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_1$  in der zweiten aktiven Zone **2** zu vermeiden. Besonders bevorzugt liegt  $\lambda_1$  im nicht sichtbaren Spektralbereich, sondern beispielsweise dem infraroten Bereich, und die Wellenlänge  $\lambda_2$  liegt besonders bevorzugt im sichtbaren, beispielsweise dem gelben bis roten Spektralbereich.

**[0030]** Derartige Wellenlängen können beispielsweise im Materialsystem  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$  oder  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ , jeweils mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  und  $x + y \leq 1$  realisiert werden, auf dem die LED-Struktur **8** und/oder die Laserstruktur **4** bevorzugt basieren.

**[0031]** Die LED-Struktur **8** ist epitaktisch auf der Laserstruktur **4** gewachsen, welche wiederum epitaktisch auf einem Aufwachssubstrat **9**, beispielsweise n-leitendes GaAs enthaltend, hergestellt ist. Der Halbleiterkörper **3** ist somit monolithisch integriert ausgebildet.

**[0032]** Die Hauptabstrahlrichtung der kohärenten

Strahlung ist in der [Fig. 1](#) durch den Pfeil **11** und die Abstrahlrichtungen der inkohärenten Strahlung durch die Pfeile **22** dargestellt. Die inkohärente Strahlung strahlt in einen größeren Raumwinkelbereich ab als die kohärente Strahlung und ist somit in einem Raumwinkelbereich, außerhalb der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung **11** verglichen mit dieser vereinfacht detektierbar. Insbesondere wird die inkohärente Strahlung, wie aus der [Fig. 1](#) ersichtlich, auch in lateraler Richtung emittiert. Im Bereich um die Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung **11** weist die inkohärente Strahlung **22** mit Vorteil eine hohe Intensität auf, um die Vorjustierung der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung **11** zu erleichtern. Dies kann mit besonderem Vorteil bereits während der Herstellung des monolithisch integrierten Halbleiterkörpers realisiert werden.

**[0033]** Die Laserstruktur **4** ist seitens des zweiten Spiegels **6** mit der LED-Struktur **8** über eine Verbindungsschicht **10**, die vorzugsweise einen Tunnelübergang enthält, elektrisch leitend verbunden. Der Tunnelübergang umfasst bevorzugt mindestens zwei Halbleiterschichten **12**, **13** unterschiedlicher Leitungstypen. Seitens der ersten aktiven Zone **1** ist in diesem Ausführungsbeispiel eine p-leitende Schicht **12** angeordnet, die eine höhere Ladungsträgerkonzentration ( $p^+$ ) aufweist als die auf der Seite der ersten aktiven Zone angrenzende Schicht, die hier durch den p-leitenden zweiten Spiegel **5** gegeben ist. Seitens der zweiten aktiven Zone **2** ist eine n-leitende Schicht **13** angeordnet, die durch hohe Dotierung eine höhere Ladungsträgerkonzentration ( $n^+$ ) aufweist als eine seitens der LED-Struktur **8** an diese angrenzende n-leitende Schicht, die hier beispielsweise durch eine in der LED-Struktur ausgebildete n-leitende Wellenleiterschicht **14** gegeben ist. Ein derartiger Tunnelübergang ist mit Vorzug monolithisch im Halbleiterkörper integriert ausgebildet.

**[0034]** Die LED-Struktur **8** und die Laserstruktur **4** sind über den Tunnelübergang **10** elektrisch leitend verbunden. Die erste und die zweite aktive Zone können über einen n-Kontakt **15** und einen p-Kontakt **16** als in Serie geschaltet betrieben werden. Die aktiven Zonen **1,2** sind über die Kontakte **15**, **16** gemeinsam ansteuerbar und die Betriebszustände der kohärenten Strahlung **11** und der inkohärenten Strahlung **22** stimmen überein, so dass das Bauelement im regulären Betrieb sowohl inkohärente als auch kohärente Strahlung emittiert. Die inkohärente Strahlung ist an den Betriebszustand der kohärenten Strahlung gekoppelt und kann als Kontrolle für diesen eingesetzt werden. Besonders bevorzugt liegt hierbei die Wellenlänge  $\lambda_2$  im roten Spektralbereich, da sich rotes Licht durch eine hohe Signalwirkung, insbesondere auf einen menschliche Beobachter, auszeichnet und deshalb für die Anzeige einer vorhandenen kohärenten, beispielsweise infraroten, Laserstrahlung besonders geeignet ist.

**[0035]** Die sichtbare Strahlung erzeugende LED-Struktur kann demnach als Kontroll-LED für den Betriebszustand einer nicht sichtbaren Laserstrahlung, beispielsweise der eines Infrarot-Lasers, verwendet werden, wobei sowohl die Kontroll-LED als auch der Laser in einem Halbleiterkörper oder Halbleiterchip monolithisch integriert werden können. Während der Herstellung des Halbleiterkörpers kann auch die Abstrahlcharakteristik der LED-Struktur beeinflusst werden. Eine Kontroll-LED wird auch in herkömmlichen Vorrichtungen an den Betriebszustand einer nicht sichtbaren Laserstrahlung gekoppelt. Diese Kontroll-LED ist allerdings nicht mit dem Laser in einem gemeinsamen Halbleiterkörper ausgebildet, sondern außerhalb der Laserstruktur angeordnet. Zu Vorjustagezwecken muss die Abstrahlcharakteristik einer derartigen Kontroll-LED aufwendig auf die der Laserstrahlung abgestimmt werden. Dies kann bei der Erfindung mit Vorteil jedoch schon während der Herstellung des Halbleiterkörpers geschehen.

**[0036]** Um die Strahlungserzeugung in der ersten aktiven Zone möglichst effektiv zu gestalten, ist in der Laserstruktur **4**, vorzugsweise im zweiten Spiegel **6**, eine Stromeinschnürungsschicht **17** angeordnet, die den zur Strahlungserzeugung vorgesehenen Bereich der ersten aktiven Zone bestimmt. Eine Öffnung in der Stromeinschnürungsschicht **17**, die über dem zur Strahlungserzeugung vorgesehenen Bereich der aktiven Zone angeordnet ist bestimmt diesen Bereich. Die Stromeinschnürungsschicht **17** kann beispielsweise über gezielte Oxidation eines in der Laserstruktur vorhandenen Materials erzeugt werden. Hierzu kann beispielsweise der Anteil von leicht oxidierendem Material in der Laserstruktur, wie etwa Al, im Bereich, in dem die Stromeinschnürungsschicht vorgesehen werden soll, verglichen mit der übrigen Laserstruktur derart erhöht werden, dass eine Oxidation in diesem Bereich erleichtert wird, die zur Ausbildung einer Stromeinschnürungsschicht der in [Fig. 1](#) dargestellten Art führen kann. Die Stromeinschnürungsschicht weist bevorzugt eine verglichen mit der restlichen Laserstruktur geringere Leitfähigkeit auf, so dass die Strahlungserzeugung im wesentlichen in dem Bereich der ersten aktiven Zone erfolgt, der unter der Öffnung angeordnet ist erfolgt. Insbesondere wird dadurch weniger Strahlung in den lateralen Randbereichen der ersten aktiven Zone erzeugt und mit Vorteil die Erzeugung kohärenter Strahlung in der ersten aktiven Zone erleichtert beziehungsweise effizienter gestaltet.

**[0037]** Der p-Kontakt **16** weist im mittleren Bereich eine Aussparung auf um eine Absorption der von den aktiven Zonen erzeugten Strahlungen im Material des p-Kontaktes zu vermeiden. Beispielsweise enthält der p-Kontakt ebenso wie der n-Kontakt **15** ein Metall, etwa Au. Eine auf einer p-leitenden Wellenleiterschicht **19** der LED-Struktur **8** angeordnete Stromaufweitungsschicht **18** sorgt für eine homogene

Stromeinprägung vom p-Kontakt **16** in die zweite aktive Zone **2**. Mit Vorteil wird so die Effizienz der Strahlungserzeugung, insbesondere in der zweiten aktiven Zone, gesteigert.

**[0038]** Diese Stromaufweitungsschicht ist bevorzugt strahlungsdurchlässig ausgebildet. Besonders bevorzugt enthält die Stromaufweitungsschicht ein TCO-Material (Transparent Conducting Oxide), wie beispielsweise ZnO, ein ITO, oder ähnliche Materialien. TCO-Materialien zeichnen sich durch hohe Strahlungsdurchlässigkeit über einen weiten Wellenlängenbereich bei gleichzeitig hoher elektrischer Leitfähigkeit, insbesondere in lateraler Richtung, aus. ZnO beispielsweise ist für den elektrischen Kontakt zu p-leitendem Material, insbesondere ein Halbleitermaterial aus dem Materialsystem  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$  enthaltend, besonders geeignet und kann zu p-leitendem Material einen, vorzugsweise ohmschen, elektrischen Kontakt ausbilden.

**[0039]** Die Wellenleiterschichten **14** und **19** sind bevorzugt so ausgebildet, dass sie die in der zweiten aktiven Zone erzeugte Strahlung **22**, insbesondere auch in lateraler Richtung, derart führen, dass ein möglichst geringer Anteil dieser Strahlung in Richtung der ersten aktiven Zone abgestrahlt wird. Dadurch wird die Absorption der inkohärenten Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_2$  in der ersten aktiven Zone vorteilhaft verringert. Besonders bevorzugt wird die inkohärente Strahlung so auch vermehrt in horizontaler oder lateraler Richtung – im wesentlichen senkrecht zur vertikalen Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Laserstrahlung **11** aus der Laserstruktur **4** – emittiert und somit der Raumwinkelbereich, in dem die inkohärente Strahlung von einem Beobachter vereinfacht erfasst werden kann, vorteilhaft vergrößert.

**[0040]** Soll die LED-Struktur zur Vorjustage der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung verwendet werden, so kann auf die Wellenleiterschichten verzichtet werden, um die Intensität der inkohärenten Strahlung entlang der Hauptabstrahlrichtung der kohärenten Strahlung nicht unnötig auf Kosten der Intensität in lateraler Richtung abzuschwächen.

**[0041]** In der [Fig. 2](#) ist eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen strahlungsemitierenden Halbleiterbauelements dargestellt.

**[0042]** Das in [Fig. 2](#) gezeigte strahlungsemitierende Halbleiterbauelement entspricht im wesentlichen dem in [Fig. 1](#) dargestellten Halbleiterbauelement.

**[0043]** Der Halbleiterkörper **3** umfasst eine Laserstruktur **4**, die gemäß einem VCSEL mit einem von den n- beziehungsweise p-leitenden Spiegeln **5** und **6** gebildeten optischen Resonator **7** ausgebildet ist. In der Laserstruktur ist eine erste aktive Zone **1** aus-

gebildet, die kohärente Strahlung **11** der Wellenlänge  $\lambda_1$  in vertikaler Richtung erzeugen kann. Über der Laserstruktur in einer LED-Struktur **8** eine zweite aktive Zone **2** angeordnet, die inkohärente Strahlung **22** der Wellenlänge  $\lambda_2$  erzeugen kann, die in einem verglichen mit der Hauptstrahlrichtung der kohärenten Strahlung größeren Raumwinkelbereich abgestrahlt wird. Von der LED-Struktur **8** umfasste n- beziehungsweise p-leitende Wellenleiterschichten **14** und **19** führen die inkohärente Strahlung vermehrt in die laterale Richtung. Der Halbleiterkörper **3**, der die LED-Struktur und die Laserstruktur umfasst, ist bevorzugt durch epitaktisches Aufwachsen monolithisch integriert ausgebildet. Die Laserstruktur **4** wird zunächst epitaktisch auf dem Aufwachssubstrat **9** gewachsen. Nachfolgend kann die LED-Struktur epitaktisch auf der Laserstruktur gewachsen werden.

**[0044]** Im Unterschied zu dem in [Fig. 1](#) dargestellten Halbleiterbauelement weist das in [Fig. 2](#) gezeigte Halbleiterbauelement getrennte Anschlüsse zur Kontaktierung der ersten aktiven Zone und der zweiten aktiven Zone auf. Die erste aktive Zone **1** ist über den auf dem zweiten Spiegel **6** angeordneten p-Kontakt **35** und den n-Kontakt **15** elektrisch anschließbar während die zweite aktive Zone **2** über den p-Kontakt **16** und den n-Kontakt **36** elektrisch anschließbar ist.

**[0045]** Die LED-Struktur **8** ist mit der Laserstruktur **4** über eine Verbindungsschicht **10** verbunden, die einen Barrierenübergang umfasst, der in diesem Ausführungsbeispiel als pn-Übergang zwischen dem p-leitenden zweiten Spiegel **6** und der n-leitenden Wellenleiterschicht **14** ausgeführt ist und/oder anderweitig monolithisch im Halbleiterkörper **3** integriert werden kann. Der Barrierenübergang sperrt bezüglich einer gemeinsamen Kontaktierung der beiden aktiven Zonen über die Kontakte **15** und **16**, so dass eine gemeinsame Kontaktierung wie in [Fig. 1](#) zumindest erheblich erschwert und eine getrennte Ansteuerung der ersten und der zweiten aktiven Zone ermöglicht wird.

**[0046]** Die zweite aktive Zone hat in diesem Ausführungsbeispiel eine geringere laterale Ausdehnung als die erste aktive Zone, so dass mit Vorteil die Ausbildung der Kontakte **35** und **36** auf dem zweiten Spiegel **6** beziehungsweise dem Wellenleiter **14** ermöglicht beziehungsweise erleichtert wird. Zwischen der LED-Struktur **8** und dem p-Kontakt **35** der Laserstruktur **4** ist bevorzugt ein Zwischenraum in lateraler Richtung vorgesehen, der einem Kurzschluß vorbeugt. Der n-Kontakt **36** der LED-Struktur **8** ist auf einem Vorsprung angeordnet, den der n-leitende Wellenleiter **14** aufweist, wobei der Wellenleiter **14** eine laterale Ausdehnung besitzt, die mit Vorteil größer als die der zweiten aktiven Zone aber kleiner als die der ersten aktiven Zone ist.

**[0047]** Eine derartige Strukturierung des Halbleiter-

körpers **3**, insbesondere der LED-Struktur **8**, kann beispielsweise über Maskierungs- und Ätzprozesse erfolgen. Die Strukturierung kann mit Vorteil nach einer monolithisch integrierten Ausbildung des Halbleiterkörpers durchgeführt werden.

**[0048]** Die zweite aktive Zone in der LED-Struktur und die erste aktive Zone in der Laserstruktur können somit in diesem Ausführungsbeispiel separat betrieben werden, weshalb das strahlungsemitternde Halbleiterbauelement Strahlung mit den Wellenlängen  $\lambda_1$  und/oder  $\lambda_2$  emittieren kann, deren Erzeugung über separate Anschlüsse gesteuert werden kann.

**[0049]** Abweichend von den in den **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispielen können die erste aktive Zone und die zweite aktive Zone auch über einen gemeinsamen n-Kontakt und separate p-Kontakte angesteuert werden. Dies entspricht der in **Fig. 2** dargestellten Kontaktstruktur unter Verzicht auf den n-Kontakt **36**. Die Verbindungsschicht verbindet die aktiven Zonen in diesem Falle, bevorzugt über einen Tunnelübergang wie in **Fig. 1**, elektrisch leitend. Das so gebildete strahlungsemitternde Halbleiterbauelement emittiert im Betrieb kohärente Strahlung zu der die inkohärente Strahlung zugeschaltet werden kann. Die Zuschaltung kann über die separaten p-Kontakte für die erste und die zweite aktive Zone erfolgen. Wird p-seitig über den p-Kontakt **16** der LED-Struktur kontaktiert, so emittiert das Bauelement sowohl kohärente als auch inkohärente Strahlung, während bei p-seitiger Kontaktierung über den p-Kontakt **35** der Laserstruktur **4** nur kohärente Strahlung erzeugt wird.

**[0050]** Es sei angemerkt, dass das Aufwachssubstrat **9** der Laserstruktur **4** auch während der Herstellung des Halbleiterbauelements oder des Halbleiterkörpers abgelöst und durch einen geeigneten Träger ersetzt werden kann. Dieser weist mit Vorteil eine hohe Wärmeleitfähigkeit zur Ableitung der im Halbleiterkörper entstehenden Wärme und/oder eine hohe elektrische Leitfähigkeit zur elektrischen Kontaktierung des Halbleiterkörpers über den Träger auf.

**[0051]** Die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele ist nicht als eine Beschränkung der Erfindung auf diese anzusehen. Vielmehr umfasst die Erfindung alle Kombinationen von Merkmalen, die in den Ausführungsbeispielen, der sonstigen Beschreibung oder den Patentansprüchen genannt sind, auch wenn diese Kombinationen nicht Gegenstand eines Patentanspruchs sind.

### Patentansprüche

1. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement, umfassend einen Halbleiterkörper (**3**) mit einer ersten aktiven Zone (**1**) und einer der ersten aktiven Zone in vertikaler Richtung nachgeordneten zweiten aktiven

Zone (**2**), wobei die erste aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  (**11**) und die zweite aktive Zone für die Erzeugung einer Strahlung einer zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  (**22**) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlung der ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  kohärent und die der zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  inkohärent ist.

2. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste aktive Zone und die zweite aktive Zone monolithisch in den Halbleiterkörper integriert sind.

3. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite aktive Zone im Strahlengang der Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_1$  angeordnet ist.

4. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge  $\lambda_1$  größer ist als die Wellenlänge  $\lambda_2$ .

5. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge  $\lambda_1$  im nicht sichtbaren Spektralbereich liegt.

6. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge  $\lambda_2$  im sichtbaren Spektralbereich liegt

7. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste aktive Zone in einer Halbleiterstruktur (**4**) ausgebildet ist, die einen optischen Resonator (**7**) umfasst.

8. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterstruktur entsprechend einem Halbleiterbauelement mit vertikaler Emissionsrichtung, insbesondere einem vertikalemitternden Laser, ausgebildet ist.

9. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite aktive Zone in einer LED-Struktur (**8**) ausgebildet ist.

10. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die LED-Struktur mit der Halbleiterstruktur über eine Verbindungsschicht (**10**) verbunden ist.

11. Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsschicht einen Tunnelübergang (**12, 13**) umfasst, der die LED-Struktur und die Halbleiter-

struktur elektrisch leitend verbindet.

12. Strahlungemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite aktive Zone gemeinsam elektrisch ansteuerbar ausgebildet sind.

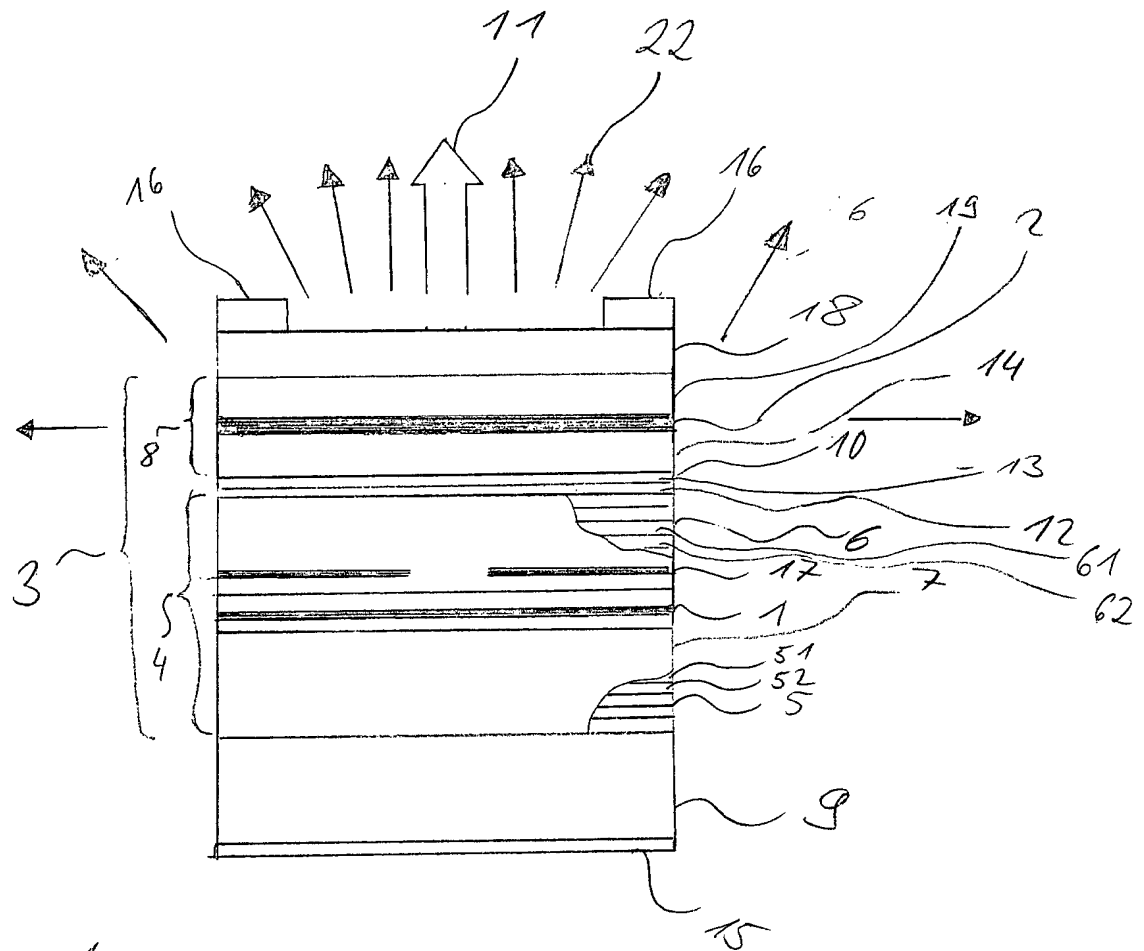
13. Strahlungemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 10 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsschicht einen Barriereübergang umfasst, der die LED-Struktur von der Halbleiterstruktur elektrisch isoliert.

14. Strahlungemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite aktive Zone getrennt voneinander elektrisch ansteuerbar ausgebildet sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen



Figur 1

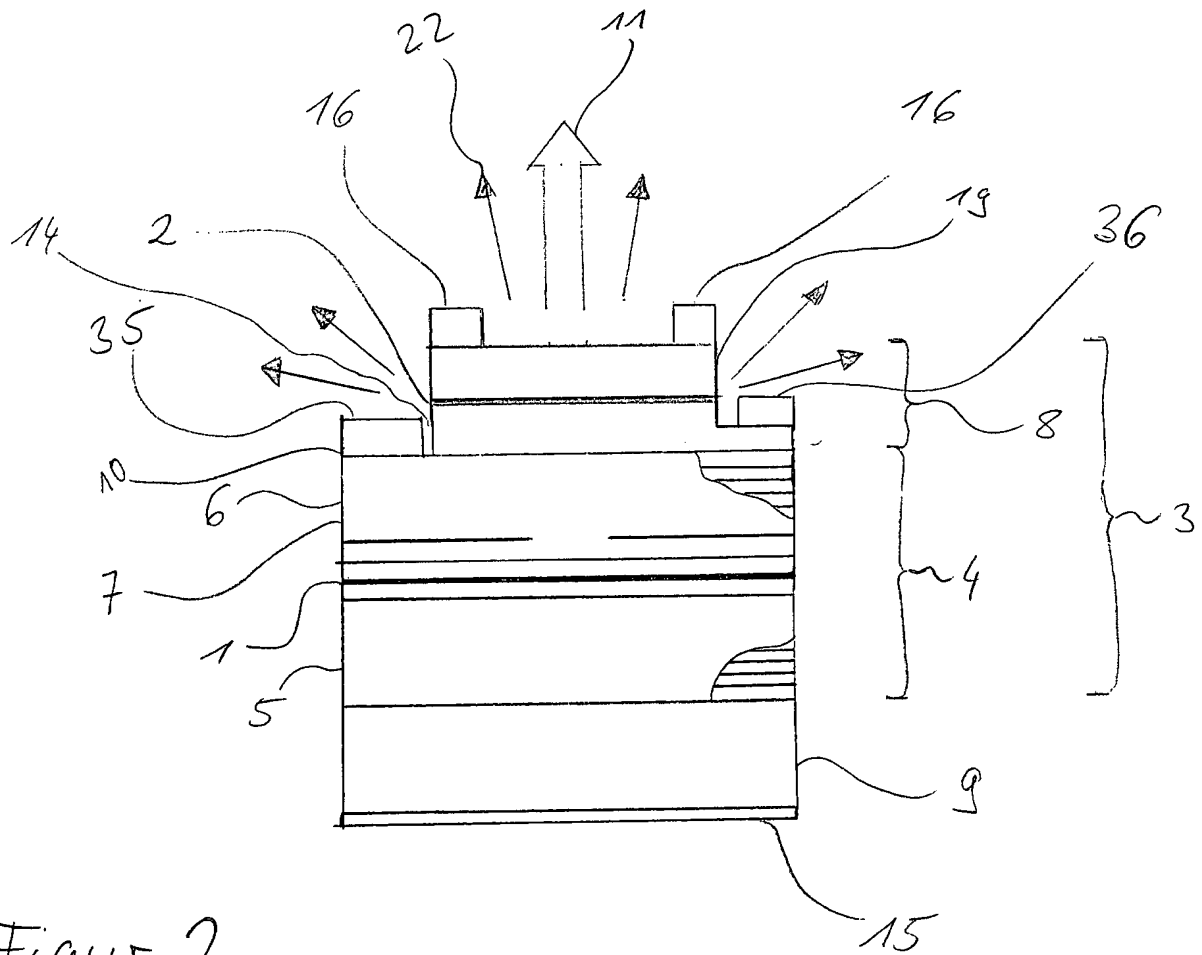


Figure 2